

<技術論文>

# 小銃의 上下向 射擊時 彈道學上的 垂直偏差

李 興 周\* · 張 源 弘\*

(1978년 8월 9일 접수)

## The Vertical Deviation of the Impact Point from an Aiming Point at an Inclined Shooting Ranges

Hung Joo Lee and Won Hong Chang

### Abstract

In order to improve the hitting rate in the shot of rifles, it is required that the analysis of exterior ballistics and the line of sight. One of the important factors influenced a marksman using a rifle obtained the zero-setting of a rifle at the horizontal range, is the deviation of the impact point from the aiming point when the shooting is performed in an inclined ranges. The deviation usually occurs from the reaction force along the bore line, the characteristics of exterior ballistics, and the error of a shooting range judgement by the inclined range.

This study is concerned with the problem of the vertical difference between the impact and aiming point in the inclined shooting ranges.

The computing method to find the vertical differences is represented. This method is applied for an experimental rifle in three cases, (1) horizontal shooting ranges, (2) upper inclined shooting ranges, and (3) lower inclined shooting ranges.

### 1. 序 論

小銃의 零點設置라 함은 照準點과 彈着點이 選定된 既知距離에서 一致되도록 가늌쇠와 加能자를 操縱하는 것으로 戰鬪 加能자란 水平으로 된 射擊場에서 射距離 250m에 標의를 놓았을 때 照準點과 彈着點이 一致하도록 加能쇠와 加能자를 操縱하는 것이다.

小銃의 戰鬪加能자 設置를 위하여 一般的인 경우에 水平狀態에 있는 25m縮小射擊場을 使用하는데 그 理由는 첫째, 射擊場을 만들기가 쉬우며 둘째, 射手로 하여금 標의의 識別이 가장 容易하며<sup>(1)</sup> 셋째, 彈着點과 照準點의 一致를 避함으로서 彈子が 標의에 命中하였을 때 標의의 黑點이 損傷되지 않는다<sup>(1)</sup>는 理由때문이다.

戰鬪加能자를 25m縮小射擊場에서 照準點 下段 2.4 cm에 彈着點이 形成되도록 加能쇠와 加能자를 操縱하였을 때 水平으로 이루어진 射擊場에서 射距離에 250m에 標의를 놓고 實驗小銃을 射擊하면 照準點에 命中한다<sup>(2)</sup>.

戰鬪射擊時 또는 戰鬪射擊 訓練 射擊場의 地形은 大部分 上向 또는 下向의 傾斜度를 갖고 있는데 水平으로 된 25m縮小射擊場에서 求한 戰鬪加能자를 傾斜도를 갖고 있는 地形에서 射擊하였을 때 照準點과 彈着點의 相關關係를 求한다는 것은 대단히 重要的 것이다

本研究에서는 水平으로 된 25m縮小射擊場에서 戰鬪加能자를 求한 다음 水平으로 된 射擊場에서 射擊하였을 때 有效射距離 460m까지 射距離變化에 따른 照準點과 彈着點의 垂直偏差와 下向 또는 上向의 傾斜도를 갖고 있는 地形에서 照準 射距離 即, 銃口로 부터 目標까지의 直線距離의 變化에 따라서 照準點과 彈着點間의 垂直偏差가 어떻게 變하는가를 理論적으로 求하고자 하는 것이다.

\* 正會員, 陸軍士官學校

本 論文에 대한 討論은 1979年 2月 15日까지

本 學會 事務室로 送付하여 주십시오.

2. 標準彈道 方程式과 計算方法

標準彈道 方程式을 求하기 위하여 다음과 같이 假定한다<sup>(5)</sup>.

- 彈子에 作用하는 外力은 重力과 抗力뿐이다.
- 重力의 加速度는 恒常平行하다.
- 地球는 平坦하고 地球의 回轉으로 因하여 彈子에 미치는 外力은 무시할 정도로 적다.
- 大氣는 射擊標準大氣(1기압, 15°C)이다.
- 小銃 彈子の 크기는 작으므로 抗力과 重力이 作用하는 點은 일치하며 두힘은 彈子の 무게 重心에 作用한다.

彈子が 銃口를 떠나 標的까지 大氣中을 飛行하는 동안 彈子の 무게 重心이 그리는 軌跡을 腔外彈道라고 부르며 腔外彈道學을 研究할 때 使用하는 用語들을 간략히 圖面으로 表示하면 Fig.1과 같고<sup>(3,4)</sup> 彈子が 飛行하는 동안에 받는 外力은 Fig.2와 같이 表示할 수 있다<sup>(5,6)</sup>

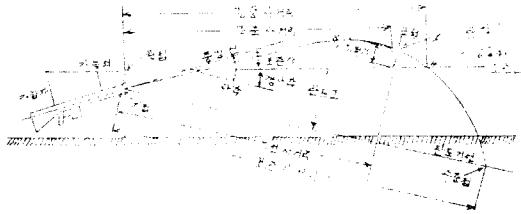


Fig. 1. The Ballistic Elements of a Small Rifle

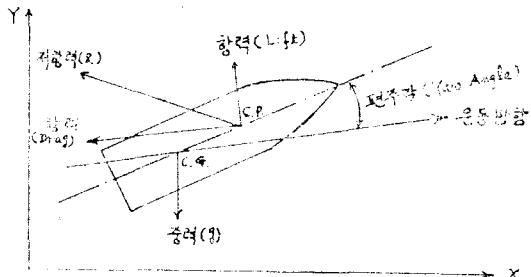


Fig. 2. The Free Body Diagram of a Bullet

標準彈道方程式을 求하기 前에 座標系를 設定함에 있어서 原點에서의 水平線을 X軸, 垂直軸을 Y軸으로 하고 Newton의 運動方程式適用하면 다음과 같은 標準彈道方程式을 얻을 수 있다<sup>(6)</sup>.

$$\frac{d^2X}{dt^2} = -\frac{\pi}{8} \frac{C_D d^2}{m} \rho V \frac{dX}{dt} \quad (1)$$

$$\frac{d^2Y}{dt^2} = -\frac{\pi}{8} \frac{C_D d^2}{m} \rho V \frac{dY}{dt} - g \quad (2)$$

여기서 使用된 記號는 다음과 같다.

t=時間(sec)

C<sub>D</sub>=抗力係數

ρ=大氣의 密度g/cm<sup>3</sup>

d=彈子の 最大 直徑(cm)

m=彈子の 質量(g)

g=重力의 加速度(cm/sec<sup>2</sup>)

V=彈子の 瞬間速度(cm/sec)

方程式 (1)과 (2)를 풀기 위하여 必要한 初期條件은 다음과 같다.

t=0일 때

$$\frac{dX}{dt} = V_0 \cos \theta_0 \quad (3)$$

$$\frac{dY}{dt} = V_0 \sin \theta_0 \quad (4)$$

$$X=0 \quad (5)$$

$$Y=-y_0 \quad (6)$$

여기서 V<sub>0</sub>는 彈子の 初速度이고, θ<sub>0</sub>는 射角이다. y<sub>0</sub>는 原點에서 基點까지의 距離를 말하면, 다음으로 부터 求한다.

가. 水平射擊時

Fig. 3으로 부터

$$y_0 = H_R \cdot \cos \alpha - B_I \cdot \sin \alpha$$

그런데 初期 y<sub>0</sub>의 값은 -가 되므로

$$\therefore y_0 = B_I \cdot \sin \alpha - H_R \cdot \cos \alpha \quad (7)$$

여기서

H<sub>R</sub>=가늌자의 높이

B<sub>I</sub>=銃腔線을 통해서 測定한 銃口까지의 距離

α=照準角

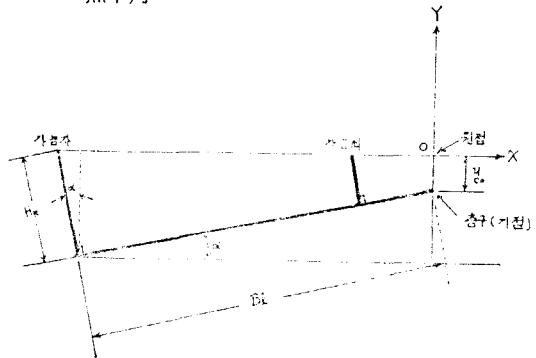


Fig. 3. The Horizontal Range of a Small Rifle

나. 上向射擊時

Fig. 4로 부터

△acm ∽ △bdm 이므로

$$am : mb = cm : md$$

그런데 ab는 H<sub>R</sub>과 같으므로

$$(H_R - B_l \cdot \tan \alpha) : y_0 = B_l \cdot \tan \alpha : [B_l \cdot \sin(\alpha + \Phi) - B_l \cdot \cos(\alpha + \Phi) \cdot \tan \Phi]$$

$$\therefore y_0 = \frac{H_R - B_l \cdot \tan \alpha}{B_l \cdot \tan \alpha} [B_l \cdot \sin(\alpha + \Phi) - B_l \cdot \cos(\alpha + \Phi) \cdot \tan \Phi]$$

그런데 初期  $y_0$ 는 -값을 가지므로

$$\therefore y_0 = \frac{B_l \cdot \tan \alpha - H_R}{\tan \alpha} [\sin(\alpha + \Phi) - \cos(\alpha + \Phi) \cdot \tan \Phi] \quad (8)$$

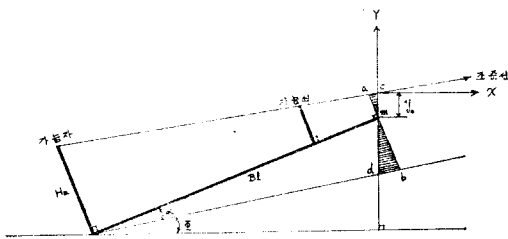


Fig. 4. The Upper Range of a Small Rifle

다. 下向射擊時  
Fig. 5로 부터

$$\triangle acm \sim \triangle bdm \text{ 이므로}$$

$$bm : dm = am : cm$$

그런데  $ab$ 는  $H_R$ 과 같으므로

$$B_l \cdot \tan \alpha : [B_l \cdot \cos(\Phi - \alpha) \cdot \tan \Phi - B_l \cdot \sin(\Phi - \alpha)] = (H_R - B_l \cdot \tan \alpha) : y_0$$

여기서  $y_0$ 를 求하고 -값을 취해 주면

$$y_0 = \frac{B_l \cdot \tan \alpha - H_R}{\tan \alpha} [\cos(\Phi - \alpha) \cdot \tan \Phi - \sin(\Phi - \alpha)] \quad (9)$$

그런데 方程式 (8)은 水平射擊時 및 下向射擊時에도 모두 適用될 수 있는 一般의 方程式인 것을 알 수 있

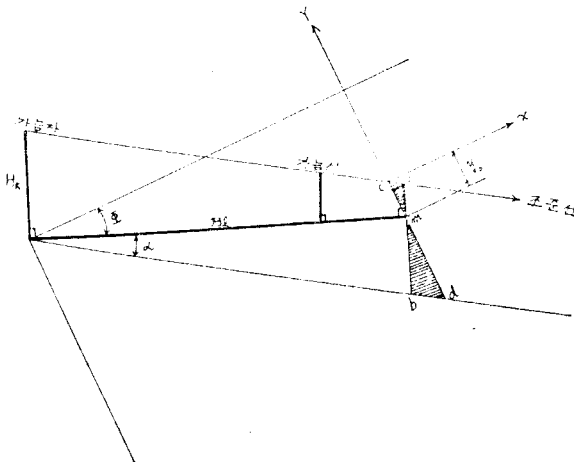


Fig. 5. The Lower Range of a Small Rifle

다. 실제로 水平射擊時  $\Phi$ 를 0으로, 下向射擊時에는  $\Phi$ 대신에 -값을 代入해 봄으로서 간단히 알 수 있다.

### 3. 數值 解法

標準彈道 方程式 (1)과 (2)는 特別한 경우를 除外하고는 解析的인 方法으로 解를 求할 수 없으므로 小銃 彈道計算에 狀態變數 解法(state vector analysis)를 使用하였으며 이 方法은 參考文獻(7)에서 說明한다. 數值 解法에 使用된 小銃과 彈子의 諸元은 Table 1과 같다.

Table 1. The Parameters of a Small Rifle and its Bullet

항 목	단 위	공칭치수	실험 측정치
구 경	mm	5.56	
탄 자 무게	grain		55
초 속 도	m/sec	990	
가늌자 높이	cm		6.5
총강선을 통한 가늌자에서 총구까지의 거리	cm		64.67

彈子 運動에 영향을 주어 射距離와 彈道高를 減少시켜 주고 射距離를 飛行하는데 必要되는 時間을 증가시켜주는 抗力을 計算하기 위하여 抗力係數를 알아야 하며 抗力係數  $C_D$ 는 다음과 같이 定義된다.

$$C_D = \frac{\text{Drag}}{(1/2) \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S}$$

여기서  $S$ 는 彈子의 最大斷面積이다. 이 때 小銃과 같은 直射火器에 있어서는 最大斷面積은 彈子의 中心과 垂直한 面의 斷面積과 같다.(4)

抗力係數는 彈子의 形態 및 速度에 따라서 變하며 실험에 의하여 求한다.

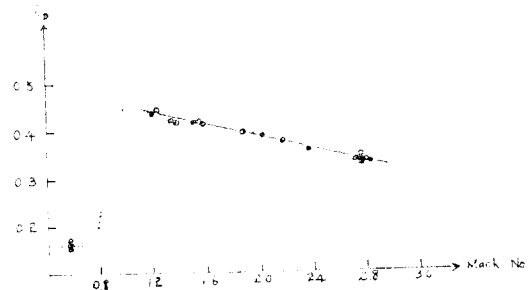


Fig. 6. Drag Coefficients

위와 같은 모든 諸元이 주어졌을 때 우선 250m 零點 射距離 彈道를 求하여야 한다. 即 임의의 照準角을 주었을 때 初期의  $y_0$ 값은 方程式 (7)에 의하여 求해지며 初期條件은 方程式 (3)~(6)으로 決定한다. 그리고 미

리 결정 한 時間增分(本研究에서는 1/10,000초)씩 증가 시키면 서 彈子의 位置, 即 距離와 彈道高를 求하고 그 位置에서의 速度成分 및 方向을 求한다.

이러한 計算을 반복하였을 때 250m에서 彈道高가 0이 되는가 확인한다. 만약 彈道高가 0보다 크면 照準角을 보다 낮추어서 위의 과정을 다시 반복하며 만약 彈道高가 0보다 적으면 照準角을 높여서 다시 반복한다. 이와 같이 함으로서 어느 照準角에 가서는 射距離250m에서 彈道高가 0이 될 것이다. 이것으로서 250m 零點設置가 완료되었다.

다음으로 계산해야 될 것은 傾斜角이 變化될 때 各 照準射距離에서의 垂直偏差量이며 本 計算에서는 傾斜角을  $-60^\circ$ 에서  $+60^\circ$ 까지  $5^\circ$ 간격으로 증가시켰다. 만약 입의 傾斜角이 주어졌다고 한다면 射角은 照準角 + 傾斜角이 되므로 方程式 (8)에 의하여 결정된다. 零點設置時와 마찬가지로 時間增分씩 增加시키면서 彈子 位置, 即 基線射距離 彈子 位置마다 標的이 세워져 있다고 가정하면) 및 彈子高를 求하고 그 때의 速度成分 및 方向을 求한다. Fig. 7에서 보인 바와 같이 彈子의 特定된 位置에서 照準射距離 및 垂直偏差를 求할 수 있다.

$$\text{照準射距離} = \frac{X}{\cos\phi}$$

$$\text{垂直偏差} = Y - X \cdot \tan\phi$$

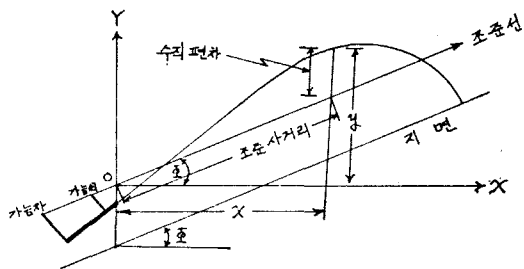


Fig. 7. The Vertical Differences along the Ranges of Sight

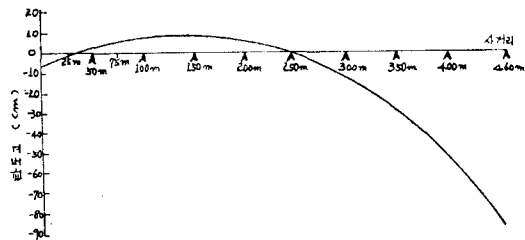


Fig. 8. The Exterior Ballistics of a Horizontal Range

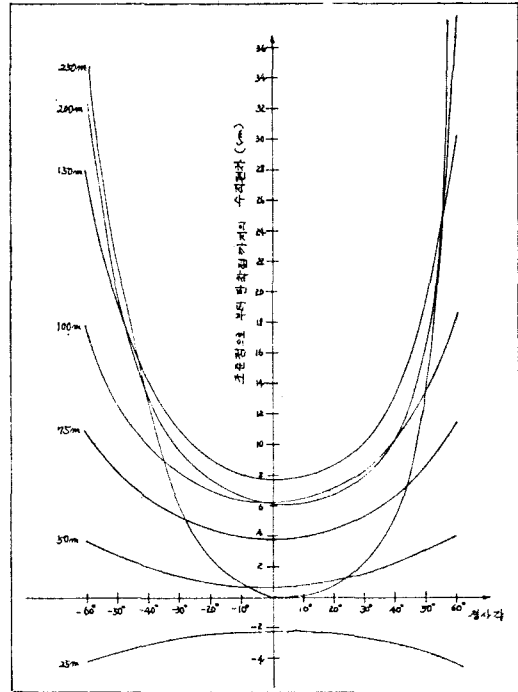


Fig. 9. The Vertical Differences from the Aiming Point to the Impact Point due to the Slop Changes of Ranges(The Distance of Sight  $\leq 250m$ )

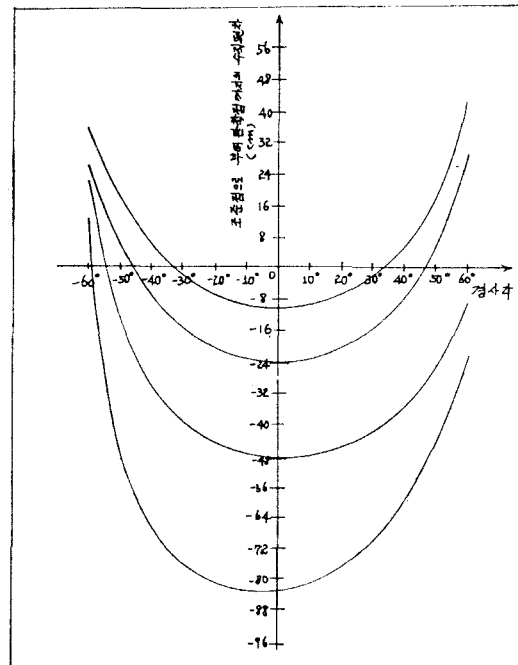


Fig. 10. The Vertical Differences from the Aiming Point to the Impact Point due to the Slop Changes of Ranges(The Distance of Sight  $> 250m$ )

가. 水平射擊時 有効射距離까지의 垂直偏差

250m에서 彈高度가 0이 되도록 零點을 設置하였을 때 各 射距離에서의 彈道高 即 垂直偏差는 그림 8과 같다. 初速度 990m/sec, 射角 6.1397min로 하여 250m에서 照準點과 彈着點이 一致하도록 하였을 때 25m에서 2.2cm의 偏差가 나왔다.

나. 上向 및 下向射擊時的 垂直偏差

Fig. 9와 10에서 橫軸은 傾斜角의 變化를 나타내고 縱軸은 垂直偏差를 나타낸다. 即 右側으로 갈수록 傾斜角은 上向이고 左側으로 갈수록 傾斜角은 下向임을 나타낸다. Fig. 9와 10에서 볼 수 있는 바와 같이 上·下向 射擊時에는 垂直偏差만큼 射手는 補正해서 照準해야만 命中시킬 수 있다.

#### 4. 結 論

本 研究는 小銃의 零點設置時 25m의 水平으로 된 縮少射擊場에서 戰鬪가능자를 求하여 水平으로 된 射擊場에서 有効射距離 460m까지 各 射距離에서의 垂直偏差를 求하고 上·下向 射擊時 傾斜角의 變化에 따른 照準射距離 460m까지 各 照準射距離에서의 垂直偏差를 計算하였으며 要約하면 다음과 같다.

가. 本 研究에서 使用한 實驗小銃은 250m에서 照準點과 彈着點이 一致하려면 25m의 縮小射擊場에서 零點設置時 2.2cm下段에 彈着點이 形成되도록 해야 한다.

나. 結論(가)와 같이 零點을 設置했을 경우 460m에서는 照準點 下段 약 85cm 지점에 彈着點이 생긴다.

다. Fig. 9와 10과 같이 上·下向射擊時 垂直偏差가 存在하므로 그 偏差만큼 補正하여 照準해야만 한다.

실제의 上·下向 射擊時에는 위의 計算過程 외에도 小銃의 견착 지점의 차이로 인한 반동력 흡수 효과에 따라 일어나는 양기량과 사수자신이 사거리를 판단함에 오류를 범하기 쉬우므로 射擊術向上을 위하여 綜合的인 研究가 요망된다.

#### 參 考 文 獻

1. 林 汧, “Private Communication”, 사격지도단근무 1976.
2. 韓光文, “Private Communication”, 육사 군사학처 근무, 1977.
3. 黃海雄, 朴喜鎔, “M16A1 小銃의 零點設”, 「置陸士論文集」, 第十六輯(自然科學編), 1976.
4. 兵器工學 I, p. 168, 1972.
5. 朴喜鎔外 四人, 兵器工學, p. 6-15~6-16, 1972.
6. 황해웅, 김점철, “축소사격장의 원리”, 추성 제21호, 육군사관학교, 1974.
7. 李興周, 張源弘, “狀態變數를 利用한 M16A1 小銃의 彈道計算, 陸士論文集發表 예정